

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Angin

Energi angin merupakan energi yang berasal dari alam. angin ini disebabkan karena adanya perbedaan suhu antara udara panas dan udara dingin. di daerah panas, udaranya menjadi panas. Mengembang dan menjadi ringan, naik ke atas dan bergerak ke daerah yang dingin. udara menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi suatu perputaran udara. Perpindahan inilah yang disebut sebagai angin.³

Sekarang ini, energi angin hanya memenuhi sebagian kecil saja dari kebutuhan akan energi. Dengan demikian kemajuan teknologi. Penggunaan energi angin makin meningkat dan biaya pekamaianya semakin murah.

2.2 Manfaat Energi Angin

Energi Angin tidak menyebabkan polusi udara dan air, dan tidak berkontribusi pada pemanasan global, energi angin digunakan sebagai energi pembangkit listrik. Selain pembangkit listrik, energi angin juga cocok sebagai turbin angin untuk mendukung kegiatan pertanian, perladangan dan perikanan dan lainnya. Dan berikut ini penjelasan tentang manfaat energi angin

2.2.1 Sebagai energi alternatif pengganti energi konvensional

Hasil survei yang dilakukan *General Electric (GE)* pada Juni tahun lalu menunjukkan hal yang cukup mengejutkan. Hanya 1 dari 10 orang Indonesia yang

³ Bastomi, Akhwan, *Simulasi Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal Dengan Menggunakan Matlab*, 2010, Malang

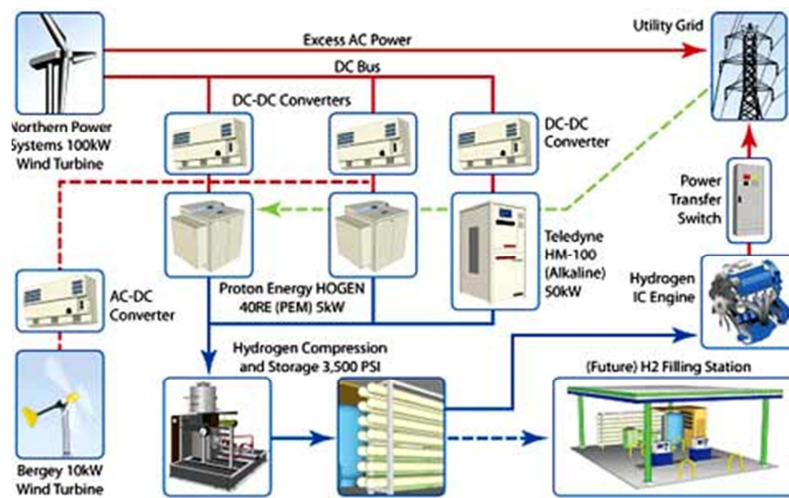
paham mengenai “energi terbarukan”, di tengah kekhawatiran soal polusi udara. Namun, di tengah-tengah ketidaktahuan tersebut, 9 dari 10 orang menyatakan bahwa energi terbarukan mutlak diperlukan jika kita peduli terhadap lingkungan.

“Hal tersebut bisa ditarik dari sisi positif bahwa sebenarnya warga Indonesia pada dasarnya sangat peduli terhadap lingkungan, dan akan mendukung rencana-rencana peningkatan kelestarian lingkungan; terutama jika rencana tersebut berdampak positif bagi kehidupan sehari-hari,” ujar Widhyawan Prawiraatmadja, Country Executive dari GE Energy Indonesia..

Tidak seperti energi fosil yang jumlahnya sangat terbatas, energi angin yang berasal dari alam sifatnya hampir bisa dibilang tidak terbatas. Energi angin merupakan energi yang berkelanjutan karena senantiasa tersedia di alam dalam waktu yang relatif sangat panjang sehingga tidak perlu khawatir akan kehabisan sumbernya. Beberapa bentuk energi terbarukan antara lain cahaya matahari, angin, tenaga air, tenaga gelombang dan geothermal yang dapat diperbarui secara alamiah. Alam menyediakan berbagai sumber energi ini dalam jumlah yang sangat besar karena hampir selalu ada dan siap diolah menjadi sumber energi.

Dari penjelasan tersebut bisa kita simpulkan, bahwa dengan adanya energi angin sebagai energi alternatif bisa menggantikan energi bahan bakar fosil sebagai energi. karena jika indonesia bahkan dunia terus menggunakan energi bahan bakar fosil sebagai energi pembangkit listrik. maka eksploitasi akan semakin tinggi dan keseimbangan lingkungan pun tidak berjalan dengan baik. dan bisa merusak lingkungan di bumi ini.

2.2.2 Sebagai Pembangkit listrik tenaga Angin



Gambar 2.1 Siklus Pembangkit Tenaga Angin¹³

Dengan adanya turbin angin, kita bisa memanfaatkan energi angin sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin.

Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU) turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui (Contoh : batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

¹³ Makalah pembangkit listrik tenaga angin,, diaskes 9 maret 2015

Dengan Demikian adanya energi angin sebagai energi nonkonvensional. Bisa menggantikan energi bahan bakar fosil, sebagai sumber daya energi di muka bumi ini

2.2.3 Sebagai Akomodasi di bidang Pertanian



Gambar 2.2 Turbin Tenaga Angin Untuk Pertanian

Selain sebagai pembangkit listrik, kincir angin juga digunakan untuk mengakomodasikan kebutuhan para petani dengan memanfaatkan energi angin. yang bermanfaat bagi para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan juga digunakan untuk memompa air untuk mengairi sawah.

Dengan demikian bisa kita analisis bahwa energi angin bisa bermanfaat sebagai pembangkit tenaga listrik yang murah dan sangat membantu dalam akomodasi pertanian serta bisa menggantikan bahan bakar energi fosil yang digunakan sebagai bahan dasar utama pembangkit listrik.

2.3 Keuntungan dan Kerugian Energi Angin¹⁴

2.3.1 Keuntungan energi angin

Keuntungan energi angin yaitu :

- a. Sebagai pembangkit tenaga listrik yang cepat di dunia.
- b. Penghemat listrik.
- c. Energi angin sebagai energi yang murah dibandingkan energi lainnya.
- d. Dengan energi angin, maka bisa menggantikan bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Dan energi angin tidak akan pernah habis dipakai.
- e. Dapat berkontribusi dalam ketahanan energi dunia di masa depan.
- f. Merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan bebas polusi.
- g. Tidak menghasilkan gas rumah kaca dan tidak menghasilkan limbah beracun.

2.3.2 Kerugian energi angin¹⁴

kerugian energi angin, hal pertama yang harus disebutkan adalah ketersediaan angin. Di beberapa tempat angin kencang sering ditemui yang membuat pemanfaatan energi angin menjadi sangat mudah, sementara di beberapa tempat angin tidak cukup kuat untuk menciptakan listrik yang memadai.

Selain itu kerugian dari pembangkit tenaga angin yaitu membuat bising, karena pembangkit tenaga angin menggerakkan rotor yang di turbin angin yang digerakkan oleh baling turbin angin, inilah tabel dari tingkat kebisingan.²

¹⁴ Keuntungan dan kerugian, diaskes 9 maret 2015

tabel 2.1 tingkat kebisingan¹

Aktifitas / kegiatan	Tingkat kebisingan (db)
Ambang pendengaran	0
Daun yang jatuh	3
kehidupan desa malam hari	20 - 35
berbisik	28
Turbin Angin	55
Rumah	59
Kantor	68
Di dalam mobil	82
Radio musi stereo	100
Pabrik	109
Bor jalan raya	130
Pesawat jet	145

Selain bunyi bising, turbin angin juga bisa membunuh burung yang sedang terbang , karena baling baling nya bisa membunuh burung yang terbang.¹

Selain itu, biaya instalasi tenaga angin yang masih relatif tinggi merupakan kelemahan lain dari energi angin. Secara kasar, dibutuhkan sekitar 10 tahun untuk mengembalikan biaya instalasi energi angin. Memang, ini bukan waktu yang sangat panjang, namun biaya instalasinya yang besar masih menjadi penghalang bagi banyak orang untuk memanfaatkan energi angin.

Kerugian lainnya dari tenaga angin adalah bangunan pembangkit listrik

¹ ABB, SACE, 2011, *Technical Application Papers No.13 Wind Power Plant*, italia

tenaga angin dapat mempengaruhi estetika lanskap. Fasilitas listrik tenaga angin juga perlu direncanakan dengan hati-hati, lokasi dan pengoperasiannya harus meminimalkan dampak negatif pada populasi burung dan satwa liar.

2.4 Sumber Energi Angin ¹³

Angin disebabkan oleh pemanasan sinar matahari yang tidak merata di atas permukaan bumi. Udara yang lebih panas akan mengembang menjadi ringan dan bergerak naik ke atas, sedangkan udara yang lebih dingin akan lebih berat dan bergerak menempati daerah tersebut. Perbedaan tekanan atmosfer pada suatu daerah yang disebabkan oleh perbedaan temperatur akan menghasilkan sebuah gaya. Perbedaan dalam tekanan dinyatakan dalam istilah gradien tekanan merupakan laju perubahan tekanan karena perbedaan jarak. Gaya gradien merupakan gaya yang bekerja dalam arah dari tekanan lebih tinggi ke tekanan yang lebih rendah. Arah gaya gradien tekanan di atmosfer tegak lurus permukaan isobar. Beberapa karakteristik angin :

2.4.1 Angin Darat-Laut

Wilayah Indonesia merupakan daerah kepulauan dengan luas lautan lebih besar dari daratan. Angin darat-laut disebabkan karena daya serap panas yang berbeda antara daratan dan lautan. Perbedaan karakteristik laut dan darat tersebut menyebabkan angin di pantai akan bertiup secara kontinyu.

¹³ Makalah pembangkit listrik tenaga angin, <http://rezarizki22.blogspot.com/2015/01/bab-i-pendahuluan-1.html>, diakses 9 maret 2015

2.4.2 Angin Orografi

Angin orografi merupakan angin yang dipengaruhi oleh perbedaan tekanan antara permukaan tinggi dengan permukaan rendah (angin gunung dan angin lembah). Pada pagi sampai menjelang siang hari, bagian lereng atau punggung pegunungan lebih dahulu disinari matahari bila dibandingkan dengan wilayah lembah. Akibatnya, wilayah lereng lebih cepat panas dan mempunyai tekanan udara yang rendah, sedangkan suhu udara di daerah lembah masih relatif dingin sehingga mempunyai tekanan udara yang tinggi. Maka massa udara bergerak dari lembah ke lereng atau ke bagian punggung gunung. Massa udara yang bergerak ini disebut sebagai angin lembah.

Pada malam hari, suhu udara di wilayah gunung sudah sedemikian rendah sehingga terjadi pengendapan massa udara padat dari wilayah gunung ke lembah yang masih relatif lebih hangat. Gerakan udara inilah yang disebut angin gunung.

Syarat – syarat dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Tingkat Kecepatan Angin 10 Meter di atas Permukaan Tanah¹⁵

Tabel Kondisi Angin 10 Meter di atas permukaan tanah			
Kelas Angin	Kecepatan Angin m / s	Kecepatan Angin km / jam	Kecepatan Angin knot / jam
1	0.3 - 1.5	1- 5.4	0.58 - 2.92
2	1.6 - 3.3	5.5 - 11.9	3.11 - 6.42
3	3.4 - 5.4	12.0 - 19.5	6.61 - 10.5
4	5.5 - 7.9	19.6 - 28.5	10.6 - 15.4
5	8.0 - 10.7	28.6 - 38.5	15.5 - 20.8
6	10.8 - 13.8	38.6 - 49.7	20.9 - 26.8
7	13.9 - 17.1	49.8 - 61.5	26.9 - 33.3
8	17.2 - 20.7	61.6 - 74.5	33.4 - 40.3
9	20.8 - 24.4	74.6 - 87.9	40.5 - 47.5
10	24.5 - 28.4	88.0 - 102.3	47.7 - 55.3
11	28.5 - 32.6	102.4 - 117.0	55.4 - 63.4
12	3.26 ke atas	118 ke atas	63.4 ke atas

catatan : yang bertulisan merah merupakan angin yang bisa dimanfaatkan untuk turbin angin

¹⁵ tingkat kecepatan angin, diases 16 mei 2015

Tabel 2.3 Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan tanah⁴

Tingkat Kecepatan Angin 10 meter di atas permukaan Tanah		
Kelas Angin	Kecepatan Angin m / s	Kondisi Alam di daratan
1	0.00 - 0.02	Tidak terjadi apa – apa
2	0.3 - 1.5	Angin tenang, Asap lurus ke atas
3	1.6 - 3.3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3.4 - 5.4	Wajah terasa ada angin, daun – daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5.5 - 7.9	Debu jalan, kertas bertebaran, ranting pohon bergoyang
6	8.0 - 10.7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10.8 - 13.8	Ranting pohon besar bergoyang, air plumpang berombak kecil
8	13.9 - 17.1	Ujung pohon melengkung, ^{hembusan} angin terasa di telinga
9	17.2 - 20.7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20.8 - 24.4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24.5 - 28.4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28.5 - 32.6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32.7 – 36.9	Tornado

catatan : yang bertulisan merah merupakan angin yang bisa dimanfaatkan untuk turbin angin

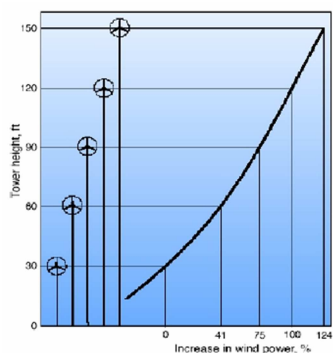
⁴ Chiras, Dan, 2010, *Wind Power Basics*

Angin kelas 3 adalah batas minimum dan angin kelas 8 adalah batas maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

2.5 Kecepatan Angin¹⁰

Hal yang biasanya dijadikan patokan untuk mengetahui potensi angin adalah kecepatannya. Biasanya yang menjadi masalah adalah kestabilan kecepatan angin. Sebagai mana diketahui, kecepatan angin akan berfluktuasi terhadap waktu dan tempat. Misalnya di Indonesia, kecepatan angin pada siang hari bisa lebih kencang dibandingkan malamhari. Pada beberapa lokasi bahkan pada malam hari tidak terjadi gerakan udara yang signifikan. Untuk situasi seperti ini, perhitungan kecepatan rata- rata dapat dilakukan dengan catatan pengukuran kecepatan angin dilakukan secara kontinyu.

Untuk udara yang bergerak terlalu dekat dengan permukaan tanah, kecepatan angin yang diperoleh akan kecil sehingga daya yang dihasilkan sangat sedikit. Semakin tinggi akan semakin baik. Pada keadaan ideal, untuk memperoleh kecepatan angin di kisaran 5-7 m/s, umumnya diperlukan ketinggian 5-12 m.



Gambar 2.3 Hubungan kecepatan angin terhadap ketinggian tertentu

¹⁰ palle, yulian, 2013, Laporan Akhir *Analisa Gabungan Dua Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Laboratorium Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya*, Palembang

Faktor lain yang perlu diperhatikan untuk turbin angin konvensional adalah desain baling-baling. Untuk baling-baling yang besar (misalnya dengan diameter 20 m), kecepatan angin pada ujung baling-baling bagian atas kira-kira 1,2 kali dari kecepatan angin ujung baling-baling bagian bawah. Artinya, ujung baling-baling. Pada saat di atas akan terkena gaya dorong yang lebih besar dari pada saat di bawah. Hal ini perlu diperhatikan pada saat mendesain kekuatan baling-baling dan tiang (menara) khususnya pada turbin angin yang besar. Jika kecepatan angin di baling-baling atas dan bawah berbeda secara signifikan.

Yang perlu diperhitungkan selanjutnya adalah pada kecepatan angin berapa turbin angin dapat menghasilkan daya optimal. Kecepatan angin juga dipengaruhi oleh kontur dari permukaan. Di daerah perkotaan dengan banyak rumah, apartemen dan perkantoran bertingkat, kecepatan angin akan rendah. Sementara kecepatan angin pada daerah lapang lebih tinggi. Kepadatan (porositas) dipermukaan bumi akan menyebabkan angin mudah bergerak atau tidak. Faktor porositas ini juga penting untuk diperhatikan ketika mendesain turbin angin.

2.6 Turbin Angin⁶

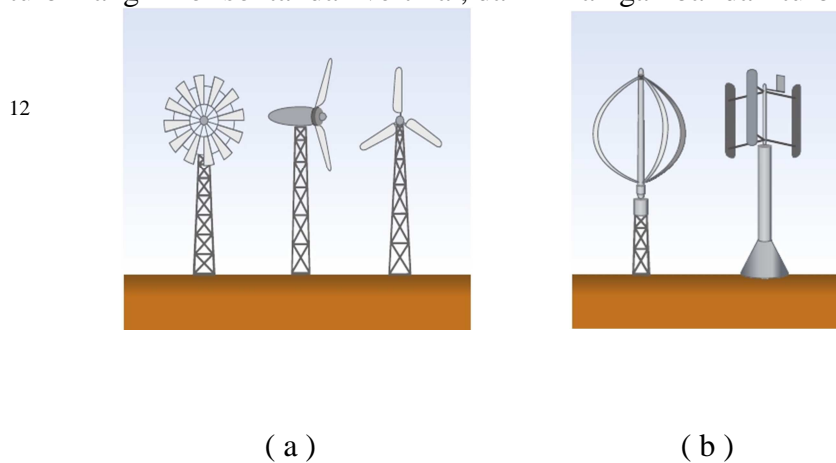
Pembangkit tenaga angin mulai digunakan pada tahun 1975 oleh Amerika Serikat dengan bantuan NASA (National Aeronautics and Space Administration) dan NSF (National Science Foundation) dengan awal penemuan turbin angin dengan model MOD-0 menghasilkan daya sekitar 100 Kw sampai menciptakan MOD-5B dengan menghasilkan daya sampai 7.2 Mw di tahun 1980.

Kebanyakan turbin angin yang digunakan yaitu turbin angin horizontal yang bersudu tiga atau dua. Turbin angin yaitu kincir angin yang digunakan untuk

⁶ Johson, Gary L., 2006, *Wind Energy System*

membangkitkan tenaga listrik. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung pada diameter dari sudu, semakin panjang diameter maka daya yang dihasilkan semakin besar.

Sekarang ini turbin angin banyak digunakan untuk mengkomodasi listrik masyarakat, dengan menggunakan konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. jenis jenis turbin dibagi menjadi dua yaitu turbin angin horisontal dan vertikal, dan ini lah gambar dari turbin angin tersebut.



(a)

(b)

Gambar 2.4 Jenis Turbin Angin

a. Turbin Angin horisontal

b. Turbin Angin Vertikal

2.6.1 Turbin Angin Sumbu Horisontal¹¹

Turbin angin sumbu horizontal ialah jenis turbin angin yang paling banyak digunakan. Turbin ini terdiri dari sebuah menara yang di puncaknya terdapat sebuah baling-baling yang berfungsi sebagai rotor dan menghadap atau membelakangi arah angin. Kebanyakan turbin angin jenis ini mempunyai dua atau tiga bilah baling-baling walaupun ada juga turbin bilah baling-balingnya kurang atau lebih daripada yang disebut diatas.

¹² Wisner, Ryan, Wind Turbin, New York

¹¹ T. Al. Shemmerl, 2010, *Wind Turbin*, united states



Gambar 2.5 Turbin Angin Sumbu Horizontal

2.6.2 Turbin angin sumbu vertikal

Turbin sumbu vertikal dibagi menjadi dua jenis yaitu: Savonius dan Darrieus.

a. Turbin Darrieus¹¹

Turbin Darrieus mula-mula diperkenalkan di Perancis pada sekitar tahun 1920-an. dan dipatenkan oleh G.J.M. Darrieus di Amerika Serikat pada tahun 1931, beberapa saat kemudian, turbin ini diperbarui lagi dengan di tahun 1974 dengan menghasilkan daya 64 Kw, keuntungan turbin angin ini yaitu karena berbentuk vertikal, turbin angin ini tidak memerlukan kecepatan angin yang tinggi untuk menghasilkan daya, karena berbentuk *troposkein* yang ditemukan di Greek, jadi cocok untuk dimana saja, selain itu, efisiensi dari turbin ini hampir sama dengan efisiensi dari turbin angin horizontal, dan tidak perlu biaya yang banyak untuk membuat turbin ini. Turbin angin sumbu vertikal ini mempunyai bilah-bilah tegak yang berputar kedalam dan keluar dari arah angin.

¹¹ T. Al. Shemmerl, 2010, *Wind Turbin*, United States



Gambar 2.6 Turbin Darrieus.

b. Turbin Angin Savonius⁸

Turbin angin tipe savonius merupakan turbin dengan konstruksi sederhana pertama kali ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama Sigurd J. Savonius. Turbin yang termasuk dalam kategori VAWT ini memiliki rotor dengan bentuk dasar setengah silinder. Konsep turbin angin savonius cukup sederhana, prinsip kerjanya berdasarkan differential drag windmill. Contoh turbin Savonius ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Turbin Savonius

⁸ Mahendra, Bayu, 2011, PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS TYPE L, Malang

2.7 Bagian – Bagian Turbin Angin

Pada turbin angin, Berikut skema rangkaian pembangkit listrik tenaga angin secara skala kecil untuk rumahan, Bagian – bagian pada turbin angin yaitu :

1. Turbin Angin

Bagian ini merupakan komponen utama untuk mendapatkan semaksimal mungkin hembusan angin. Bagian ini merupakan bagian paling sulit dibangun jika anda berniat membangunnya sendiri. Eksperimen terus menerus dengan sabar sehingga didapatkan kesesuaian antara kekuatan hembusan angin, ukuran baling-baling dan kemampuan generator. Bagian – bagian turbin angin yaitu

a. Baling-baling / Sudu

Berfungsi mengubah hembusan angin menjadi energi kinetik untuk memutar generator listrik. Semakin panjang baling-baling akan semakin luas area yang di sapu, akan semakin banyak menerima terpaan angin sehingga akan semakin besar energi putaran (mekanik) yang dihasilkan untuk memutar generator.

Adakalanya sebelum poros baling-baling disambung ke generator listrik, ditambahkan *gear-box*.

b. Gear Box¹²

Gear Box yaitu alat atau gear untuk menggerakkan generator dari baling baling yang di dalam turbin angin.

¹² Wisner, Ryan, Wind Turbin, New York

c. Generator listrik⁹

yang berfungsi mengubah energi kinetik menjadi arus listrik, yang kemudian diteruskan ke bagian 2 (Controller). Untuk skala kecil umumnya menggunakan generator listrik DC. Jika menggunakan aki 12V sebagai penyimpan arusnya, maka generatornya harus mampu mengeluarkan tegangan minimal 12 V agar dapat mengisi aki.

d. Brakes / Rem¹

Berfungsi untuk jika kecepatan angin melebihi standarisasi kecepatan angin dengan mengerem rotor, dan turbin angin tidak akan bekerja.

e. Ekor turbin angin¹³

yang berfungsi mengarahkan unit turbin angin agar selalu berhadapan dengan arah angin.

f. Tower / Tiang turbin angin¹³

Berfungsi untuk penyangga turbin angin agar turbin angin bisa berputar dan bekerja. Ketinggian tower juga mempegaruhi kecepatan angin, semakin tinggi tower maka semakin besar kecepatan angin.

⁹ Nanda Andika, Markus, 2012, *Kincir Angin Horizontal Bersudu Banyak*, jurusan teknik mesin, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

¹ ABB, SACE, 2011, *Technical Application Papers No.13 Wind Power Plant*, italia

¹³ *Makalah pembangkit listrik tenaga angin*, diaskes 9 maret 2015

g. **Pondasi**

Yaitu sebagai pondasi untuk tower pembangkit tenaga angin , supaya tower pembangkit tenaga angin tidak jatuh.

2. Unit pengontrol (Controller)

Bagian ini berfungsi mengubah arus listrik AC menjadi arus listrik DC (jika menggunakan generator AC) dan mengontrol pengisian arus listrik ke dalam battery agar tidak merusak battery karena pengisian aki yang berlebihan (*over charging*).

Selain itu di dalam unit pengontrol juga ada sistem proteksi untuk mengamankan turbin angin jika turbin angin terjadi gangguan, cara kerja proteksinya yaitu jika terjadi masalah pada salah satu peralatan turbin, maka signal dari proteksi akan bekerja dan langsung mengerem rotor tersebut.

3. Battery

Bagian ini akan menyimpan arus listrik yang dihasilkan generator listrik agar bisa digunakan setiap saat. Jenis aki yang digunakan sebaiknya jenis *Deep Cycle Battery*.

4. Inverter⁴

Inverter merupakan salah satu bagian dari pembangkit listrik, salah satu nya pembangkit listrik tenaga angin, inveter terdiri dari *Grid Connected*, *Off Grid Connected*, dan *Grid Connected System with Battery Backup*, Grid connected

⁴ Chiras, Dan, 2010, *Wind Power Basics*

yaitu mengubah tegangan dari DC menjadi AC secara langsung, sedangkan Off Grid Connected, yaitu sama seperti Grid Connected, akan tetapi tidak secara langsung, karena tegangan DC – nya disalurkan terlebih dahulu ke *battery*, dan lalu kemudian melalui inverter untuk diubah menjadi tegangan AC, dan terakhir Grid Connected System with Battery Backup yaitu merupakan gabungan dari Grid connected dan Off grid connected.

Salah satu contohnya yaitu mengubah tegangan listrik DC 12V dari aki menjadi tegangan listrik AC 220V / 110V untuk peralatan rumah tangga yang bekerja pada tegangan 220V / 110V.

2.8 Air Blower

Pengertian blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pevakuman udara atau gas tertentu. Blower yang digunakan pada pengambilan data yaitu berjenis air blower sebagai sumber tenaga angin yang dikeluarkan ke pembangkit tenaga angin.



Gambar 2.8 Air Blower

2.9 Anemometer

Anemometer adalah sebuah alat pengukur kecepatan angin yang banyak dipakai dalam bidang meteorologi dan geofisika atau stasiun perkiraan cuaca. Nama alat ini berasal dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin. Perancang

pertama dari alat ini adalah Leon Battista Alberti pada tahun 1450. Selain mengukur kecepatan angin, alat ini juga dapat mengukur besarnya tekanan angin.



Gambar 2.9 Anemometer

2.10 Rumus Daya Energi angin¹

Daya listrik yang dihasilkan atau melalui turbin angin bergantung kepada baling – baling di turbin angin dan kecepatan angin oleh energi kinetik, energi kinetik bergantung kepada putaran baling dan rotor. rumus dari energi kinetik yaitu.

Sehingga $E = 0,5 m.v^2$ (2. 1)

dengan $E = \text{Energi}$ (joule);
 $m = \text{massa udara}$ (kg);
 $v = \text{kecepatan angin}$ (m/detik).

Bilamana suatu “blok” udara, yang mempunyai penampang $A \text{ m}^2$, dan bergerak dengan kecepatan $v \text{ m/detik}$, maka jumlah massa, yang melewati sesuatu tempat adalah:

$m = A.v.q$ (kg/det) (2.2)
dengan $A = \text{penampang}$ (m^2)

¹ ABB, SACE, 2011, *Technical Application Papers No.13 Wind Power Plant*, italia

v = kecepatan (m/det)

q = kepadatan udara (kg/m^3)

Dengan demikian maka energi yang dapat dihasilkan per satuan waktu adalah:

$P = E$ per satuan waktu

$$= 0,5 q.A.V^3.C_p \text{ per satuan waktu} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan P = daya (W)

E = energi (J)

q = kepadatan udara (kg/m^3)

A = luas penampang (m^2)

$$= \phi \times \text{jari} - \text{jari}^2 \quad (\pi \times r^2)$$

v = kecepatan (m/det).

C_p = koefisien daya

Untuk keperluan praktis sering dipakai rumus pendekatan berikut:

$$P = k.A.v^3 \dots\dots\dots (2.4)$$

P = daya (kW)

k = suatu konstanta (1,37.1V)

A = luas sudu kipas (m^2)

v = kecepatan angin (km/jam)

Walaupun dalam rumus di atas besaran-besaran k dan A digambarkan sebagai konstanta-konstanta, pada dasarnya dalam besaran k tercermin pula faktor-faktor seperti geseran dan efisiensi sistem, yang mungkin juga tergantung dari kecepatan angin v . Sedangkan luas A tergantung pula misalnya dari bentuk sudu, yang juga dapat berubah dengan besaran v . Besaran-besaran k dan A dapat dianggap konstan hanya dalam suatu jarak capai angin terbatas.

